



# DESAIN PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENGOLAHAN EFLUEN SEKUNDER PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT (POMSE)

**JESSICA RAHMALIA**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Desain Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Efluen Sekunder Pabrik Minyak Kelapa Sawit” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2024

Jessica Rahmalia  
F3401201012



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

JESSICA RAHMALIA. Desain Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Efluen Sekunder Pabrik Minyak Kelapa Sawit (POMSE). Dibimbing oleh NASTITI SISWI INDRASTI dan SUPRIHATIN.

Limbah cair dari proses pengolahan minyak pabrik kelapa dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Elektrokoagulasi adalah metode yang efektif untuk menurunkan polutan pada limbah cair tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi terbaik dan desain proses elektrokoagulasi dalam mengolah limbah cair dengan debit 417,6 m<sup>3</sup>/hari. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi kondisi laju alir 60, 70, dan 80 L/jam dan tegangan 20, 30, 40, dan 50 volt. Karakteristik awal limbah menunjukkan pH 8,26; kekeruhan 99,5 NTU; TSS 124,25 mg/L; warna 1524 PtCo; COD 1187 mg/L; ortofosfat 130,34 mg/L; nitrat <0,05 mg NH<sub>3</sub>-N /L; dan amonia 70 mg NH<sub>3</sub>-N /L. Kondisi elektrokoagulasi terbaik adalah pada laju alir 80 L/jam dengan tegangan 40 volt menghasilkan pH 8,47; kekeruhan 2,35 NTU; TSS 2 mg/L; warna 139 PtCo; COD 191 mg/L; ortofosfat <0,001 mg/L; nitrat <0,05 mg NO<sub>3</sub>-N/L; dan amonia 91 mg NH<sub>3</sub>-N/L. Rata-rata penyisihan pada kondisi terpilih mencapai 92,7% pada parameter kekeruhan, TSS, warna, dan COD. Desain unit elektrokoagulasi meliputi reaktor berukuran 1,12 x 0,62 x 1,15 m<sup>3</sup> dengan tegangan 47,023 volt, arus 2.738 ampere, dimensi elektrode 0,8 x 0,6 m<sup>2</sup>, tebal elektrode 0,005 m, kebutuhan elektrode 22,07 kg/hari, biaya elektrode Rp 1.157.904,6/hari, biaya listrik Rp 197.501,97/hari, dan total biaya penanganan Rp 4.068,15/m<sup>3</sup>. Proses pengolahan POMSE dengan koagulasi kimia berbahan tawas membutuhkan biaya penanganan sebesar Rp 10.827,07/m<sup>3</sup>.

Kata kunci: desain proses, elektrode aluminium, elektrokoagulasi, limbah cair kelapa sawit

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRACT

JESSICA RAHMALIA. Electrocoagulation Process Design for Treatment of Palm Oil Mill Secondary Effluent (POMSE). Supervised by NASTITI SISWI INDRASTI and SUPRIHATIN.

Wastewater from palm oil mill processing can have negative impacts on the environment if not properly treated. Electrocoagulation is an effective method to reduce pollutants in such wastewater. This research aims to determine the optimal conditions and process design for treating wastewater using electrocoagulation with a flow rate of 417.6 m<sup>3</sup>/day. The electrocoagulation process was conducted with variations in flow rates of 60, 70, and 80 L/h and voltages of 20, 30, 40, and 50 volts. Initial wastewater characteristics showed a pH of 8.26; turbidity of 99.5 NTU; TSS of 124.25 mg/L; color of 1524 PtCo; COD of 1187 mg/L; orthophosphate of 30.34 mg/L; nitrate <0.05 mg NH<sub>3</sub>-N/L; and amonia of 70 mg NH<sub>3</sub>-N/L. The best electrocoagulation condition was found at a flow rate of 80 L/h with a voltage of 40 volts, resulting in a pH of 8.47; turbidity of 2.35 NTU; TSS of 2 mg/L; color of 139 PtCo; COD of 191 mg/L; orthophosphate <0.001 mg/L; nitrate <0.05 mg NO<sub>3</sub>-N/L; and amonia of 91 mg NH<sub>3</sub>-N/L. The average removal rate reached 92.7% for turbidity, TSS, color, and COD. The electrocoagulation unit design includes a reactor with dimensions of 1.12 x 0.62 x 1.15 m<sup>3</sup>, a voltage of 47.023 volts, a current of 2.738 amperes, electrodes of 0.8 x 0.6 m<sup>2</sup>, electrode thickness of 0.005 m, electrode requirement of 22.07 kg/day, electrode cost of Rp 1,157,904.6/day, electricity cost of Rp 197,501.97/day, and a total treatment cost of Rp 4,068.15/m<sup>3</sup>. Processing with chemical coagulation made from alum requires handling costs of IDR 10,827.07/m<sup>3</sup>.

Keywords: process design, aluminium electrodes, electrocoagulation, palm oil wastewater

@Hak Cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

# **DESAIN PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENGOLAHAN EFLUEN SEKUNDER APBRIK MINYAK KELAPA SAWIT (POMSE)**

**JESSICA RAHMALIA**

Tugas Akhir  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada  
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ika Amalia Kartika, S.T.P., M.Si.
2. Dr. Elisa Anggraeni, S.T.P., M.Sc., IPM



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tugas Akhir : Desain Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Efluen Sekunder Pabrik Minyak Kelapa Sawit (POMSE)

Nama : Jessica Rahmalia

NIM : F3401201012

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti, IPU, ASEAN-Eng

---

Pembimbing 2:

Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU

---

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ono Suparno, S.TP., M.T., IPM  
NIP. 197212031997021001

---

Tanggal Ujian: 18 Juli 2024

Tanggal Lulus:

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2024 sampai bulan Juli 2024 ini ialah Pengembangan Teknologi Maju untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dalam Rangka Mewujudkan Ekonomi Sirkular Berbasis Limbah Kelapa Sawit dengan judul “Desain Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Efluen Sekunder Pabrik Minyak Kelapa Sawit (POMSE)”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan proyek desain utama agroindustri ini, yaitu:

1. Mama, Papa, dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya.
2. Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti, IPU dan Prof. Dr-Ing. Ir. Suprihatin, IPU selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran selama proses proyek desain utama agroindustri ini.
3. Prof. Dr. Ono Suparno, MT selaku Ketua Departemen Teknologi Industri Pertanian.
4. Seluruh Dosen, Laboran, Tendik, staf TU dan UPT di Departemen Teknologi Industri Pertanian.
5. Gina Listiyani, Muhammad Adillah Prasetyo, Aaron Syach Adiguna Junio, Muhammad Raihan Alif Nirwan, atas kerja samanya dalam menyelesaikan proyek ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa di Departemen Teknologi Industri Pertanian Angkatan 57.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

*Jessica Rahmalia*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
2.4 Metode Penelitian	4
2.5 Metode Pengumpulan Data	5
III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Karakteristik Awal POMSE	7
3.2 Karakteristik POMSE Hasil Elektrokoagulasi	8
3.3 Konsumsi Elektrode dan Energi	14
3.4 Desain <i>Scale-Up</i> Alat Elektrokoagulasi	16
IV SIMPULAN DAN SARAN	21
4.1 Simpulan	21
4.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	38

## DAFTAR TABEL

1	Variabel bebas penelitian	6
2	Karakteristik POMSE sebelum proses elektrokoagulasi dan baku mutu	8
3	Spesifikasi unit elektrokoagulasi	15
4	Karakteristik POMSE setelah proses elektrokoagulasi dan baku mutu	16
5	Spesifikasi perancangan unit elektrokoagulasi	19

## DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir prosedur kerja penelitian	3
2	Konfigurasi bipolar pada unit elektrokoagulasi	5
3	POMSE sebelum pengolahan secara elektrokoagulasi	7
4	POMSE setelah pengolahan secara elektrokoagulasi	8
5	Hasil pengukuran pH	9
6	Hasil pengukuran kekeruhan	10
7	Hasil pengukuran TSS	11
8	Hasil pengukuran warna	11
9	Hasil pengukuran COD	12
10	Hasil pengukuran amonia	14
11	Prototipe (a) 2D dan (b) 3D reaktor elektrokoagulasi	17

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Metode pengujian karakteristik limbah	25
2	Hasil analisis karakteristik POMSE setelah proses elektrokoagulasi	27
3	Perhitungan kebutuhan proses elektrokoagulasi	31
4	Perhitungan perancangan <i>scale-up</i> unit elektrokoagulasi	33
5	Hasil analisis karakteristik POMSE setelah proses koagulasi tawas dan perhitungan biaya	37

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.